Teplotní pole v zemině pod objekty

Martin Jiránek, Zbyněk Svoboda

Klíčová slova:
◆ *?*

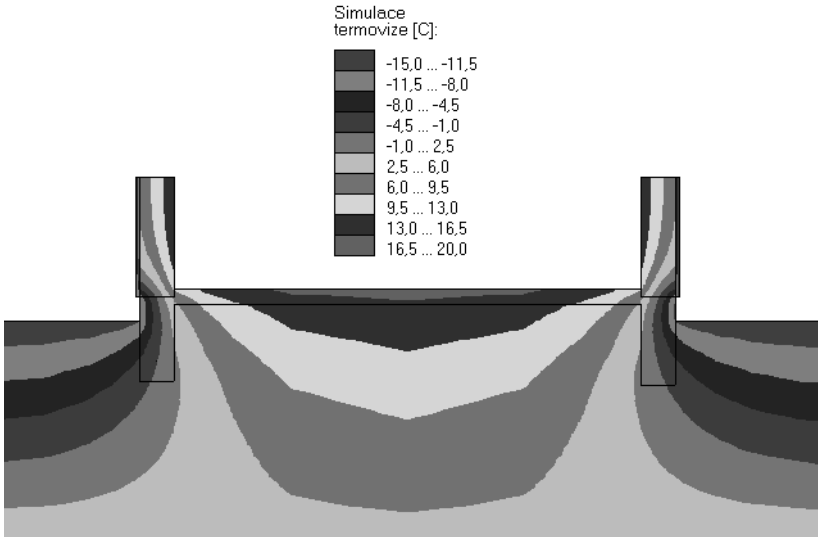
Lektoroval:
?

Rozložení teplot v zemině pod objekty je dosud poměrně málo prozkoumanou oblastí stavební fyziky, ačkoliv dosti úzce souvisí s korektními výpočty tepelných ztrát budov. Nedávná měření teplot v zeminách, která byla prováděna v souvislosti s ověřováním účinnosti ventilačních systémů pod podlahami jako protiradonovým opatřením, poskytují řadu nových poznatků.

Možnosti modelování teplot pod objektem

Měření teploty zeminy pod objektem je úlohou, která není snadno realizovatelná. V zásadě lze takové měření provádět pouze tehdy, pokud se s ním počítá již dopředu při realizaci objektu. To samozřejmě není pravidlem, a proto v drtivé většině případů nezbývá než se spokojit s určitým odhadem toho, jak vysoké teploty v zemině pod objektem mohou být.

Nejjednodušší odhad teplot v zemině pod objektem je také dosud v České republice nejvíce používán. Předepisuje jej přímo norma ČSN 06 0210 „Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění“. Podle tohoto odhadu se teplota v zemině pod podlahou uvažuje 5 °C, a to přes celé zimní období. Vzhledem k tomu, že uvedená teplota slouží jako vstupní parametr pro výpočet tepelných ztrát podlahou na zemině, jedná se samozřejmě o odhad, který by měl poskytovat tepelnou ztrátu na straně bezpečnosti (tedy spíše vyšší, než je skutečná ztráta). O hloubce pod podlahou, v níž by měla teplota 5 °C být, se norma ČSN 06 0210 nezmiňuje. Ze souvislostí a ze zavedeného postupu výpočtu tepelných ztrát však lze odvodit, že se předpokládá těsně pod podlahou (tedy obvykle pod podkladním betonem).



Obr. 1 Teplotní pole pod nepodsklepeným objektem bez tepelné izolace v podlaze

Variantní odhad teplot v zemině pod objektem přináší novější evropská norma ČSN EN ISO 10211-1 „Tepelné mosty ve stavebních konstrukcích – Základní výpočtové metody“. Podle této normy se předpokládá, že pod podlahou objektu má zemina v hloubce 3 m pod terénem teplotu rovnou průměrné roční teplotě vnějšího vzduchu. Pro různé lokality v České republice do nadmořské výšky 1000 m n. m. by to tedy bylo v rozmezí od cca 3,5 °C do 8,5 °C, a to po celý rok. Teploty ve zmíněné třímetrové vrstvě zeminy se musí dopočítat na základě numerického řešení rovnice jedno- či vícerozměrného vedení tepla.

Ze srovnání obou přístupů je zřejmé, že postup ČSN 06 0210 předpokládá jako dosti velké zjednodušení stejnou teplotu pod podlahou v celé její ploše. Ve skutečnosti je ovšem teplota v zemině pod podlahou u okrajů objektu vždy nižší než ve středu objektu, a to často až o několik stupňů. Pokud nás zajímají pouze tepelné ztráty prostupem podlahou, nemusí nás tato skutečnost příliš znepokojovat. Zajímají-li nás ale teploty na stavebních konstrukcích v kontaktu se zeminou, nebo co nejpřesnější výpočet potřeby tepla na vytápění, je nutné s efekty vícerozměrného vedení tepla v zemině pod objektem počítat. V takovém případě je třeba použít pro výpočet minimálně dvourozměrný model podlahy a přilehlé zeminy a rozložení teplot stanovit numerickým řešením vícerozměrného ustáleného teplotního pole metodou sítí nebo metodou konečných prvků.

Jak velké mohou být typické okrajové efekty ukazuje *obr. 1*, na němž je vidět teplotní pole pod nepodsklepeným objektem, který nemá v podlaze tepelnou izolaci. Jedná se o modelový příklad objektu o šířce zhruba 7 m – objekt by tedy odpovídal staršímu rodinnému domu.

Z grafické prezentace teplotních polí je zřejmé, že pod podkladním betonem se teploty v zemině pohybují od 5,5 °C do 16,0 °C, přičemž průměrná teplota v zemině pod úrovní podkladního betonu je 13,5 °C. Tyto výsledky samozřejmě platí pro teplotu vnitřního vzduchu 20 °C a teplotu vnějšího vzduchu -15 °C. Na první pohled se jedná o dosti překvapující hodnoty – a to zvláště

ve srovnání s teplotou 5 °C, kterou pod podlahou předpokládá ČSN 06 0210. S numerickým výpočtem vycházejícím z ČSN EN ISO 10211-1 se dostáváme totiž na hodnotu více než dvojnásobnou.

Jak by tomu mohlo být u srovnatelného objektu, realizovaného ale s dnešní běžnou podlahovou konstrukcí s tepelnou izolací o tloušťce 50 mm, ukazuje *obr. 2*. V tomto případě se teploty v zemině pod podkladním betonem pohybují v rozmezí od 2,3 °C do 10,2 °C, přičemž průměrná teplota je 7,8 °C. Jedná se již o hodnotu, která poměrně dobře odpovídá teplotě 5 °C podle ČSN 06 0210. Je jistě zřejmé, že při větší šířce hodnoceného objektu by se i průměrná teplota v zemině pod podlahou zvýšila – a naopak.

Podívejme se závěrem tohoto oddílu ještě na rozložení teplot pod podlahou nízkoenergetického objektu s tepelnou izolací tloušťky 150 mm v podlaze (*obr. 3*). V tomto případě se již teploty v zemině pod podkladním betonem pohybují od 5,3 °C do 7,5 °C; průměrná teplota v zemině pod podlahou je pak 6,3 °C. Stále se jedná o hodnoty, které jsou vyšší než teplota 5 °C podle ČSN 060210. Je tomu tak ovšem proto, že bylo pro nízkoenergetický objekt předpokládáno i zateplení základových pasů.

Pokud by před obvodovými základy u objektu s výraznou tepelnou izolací v podlaze nebyla provedena přídavná svislá tepelná izolace z extrudovaného polystyrénu, činila by průměrná teplota v zemině pod podlahou jen 4,0 °C. V takovém případě by již teplota 5 °C podle ČSN 06 0210 nebyla pro výpočet tepelných ztrát na straně bezpečnosti. A ještě jedna velmi důležitá poznámka k tomuto tématu. U podlah se značnou tepelnou izolací je nutné počítat i s tím, že se oproti dnešním objektům výrazně sníží tepelný tok směrem k základům. Pokud by se tedy u nízkoneregetického objektu proti všem pravidlům provedla jen masivní tepelná izolace v podlaze a samotné základy se ponechaly bez přídavné svislé izolace, hrozilo by značné riziko promrzání zeminy pod základy. Zemina kolem základů je totiž u těchto objektů vyhřívána teplem unikajícím z interiéru jen zcela minimálně. Jako ochranu proti promrzání zeminy je tedy nutné vždy provést buď přídavnou tepelnou izolaci základů, nebo počítat s větší hloubkou založení. První možnost je samozřejmě lepší – mimo jiné i kvůli minimalizaci tepelných ztrát objektu.

Speciální případy

Ne vždy je výpočtové hodnocení teplotních polí pod objektem tak relativně jednoduché, jak bylo ukázáno výše. Relativně jednoduché ve skutečnosti sice znamená mít k dispozici vhodný program pro řešení teplotních polí a umět s ním zacházet, ale jiný problém již nemusí nastat. °Co však v případech, kdy je pod podlahou objektu provedena drenážní vrstva, nebo ventilační systém s nuceným odtahem vzduchu, který se provádí jako součást protiradonových opatření [4]. U těchto objektů je nutné počítat s mírným efektem přídavné tepelné ztráty, způsobené kombinovaným šířením tepla prouděním a vedením pod objektem v porézní zemině. Teplotní pole pod objektem lze v tomto případě stanovit numerickým řešením méně známé diferenciální rovnice, která je často v zahraniční literatuře označována jako konvektivně difuzní rovnice:

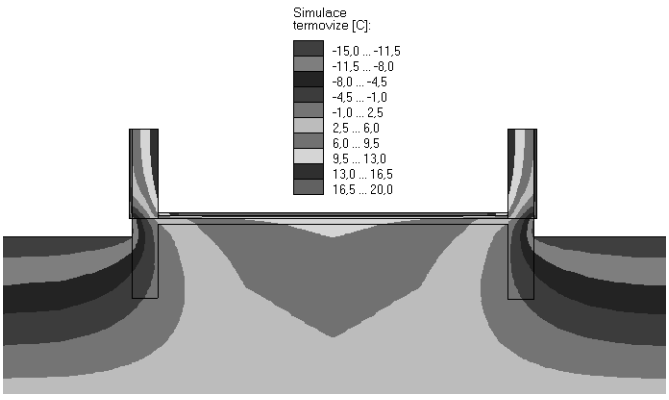
$$\lambda \Delta^2 T + \rho_a c_a \frac{k}{\mu} \vec{\Delta} p \,.\, \vec{\Delta} T = 0 \qquad (1).$$

V rovnici (1) je T teplota ve °C, c_a měrná tepelná kapacita vzduchu v J.kg^{-1}.K^{-1}, λ tepelná vodivost materiálu ve W.m^{-1}.K^{-1}, ρ_a hustota vzduchu v kg.m^{-3}, k permeabilita porézního materiálu v m^2, p tlak vzduchu v Pa a μ dynamická viskozita vzduchu v Pa.s.

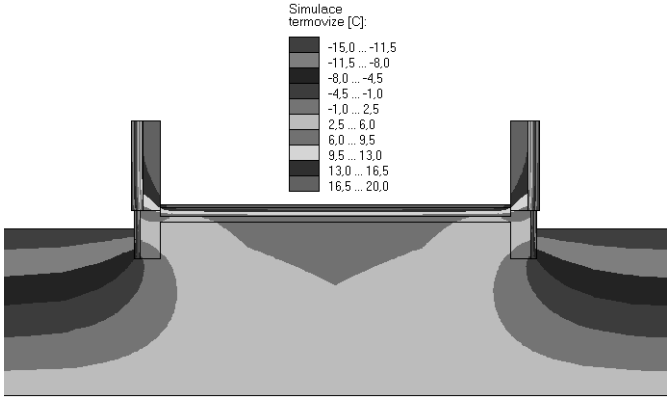
První člen na levé straně rovnice (1) vyjadřuje transport tepla vedením (odpovídá známé rovnici vedení tepla), druhý člen pak přenos tepla, způsobený konvekcí vzduchu skrze prodyšnou konstrukci a netěsnosti v ní. Rovnici (1) lze použít pro potřeby výpočtových analýz po zavedení několika předpokladů, z nichž nejdůležitějšími jsou podmínka nestlačitelnosti vzduchu a předpoklad, že proudění vzduchu je vyvoláno jen působícím tlakovým rozdílem mezi interiérem a exteriérem. Numerické řešení rovnice (1) lze získat běžnými numerickými metodami – metodou sítí, nebo metodou konečných prvků. Pozornost je třeba věnovat jen problému numerické stability řešení vzhledem k destabilizujícímu vlivu konvektivního členu v rovnici (1).

Zatím existuje u nás i ve světě jen několik použitelných programů pro numerické analýzy kombinovaného šíření tepla. Tyto programy obvykle umožňují stanovit tlakové pole v konstrukci, vypočítat rychlosti a orientace proudění vzduchu a určit rozložení teplot v hodnoceném výseku konstrukce.

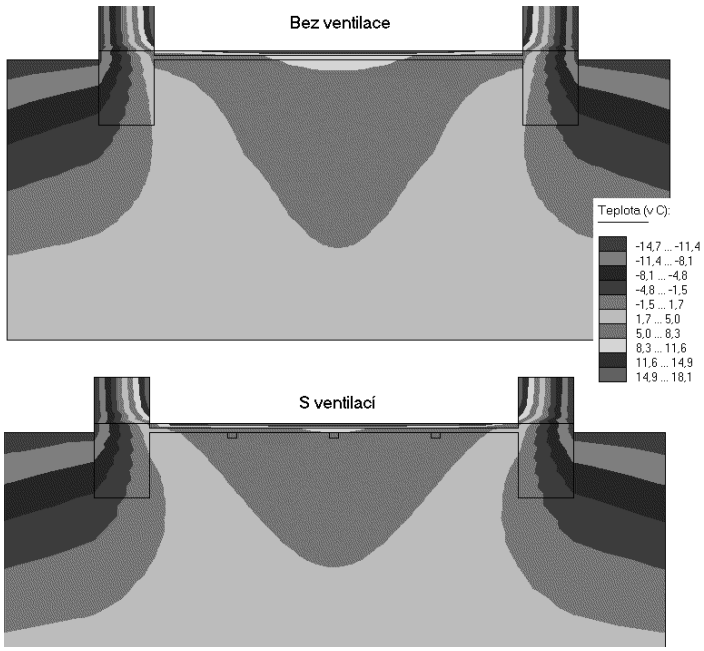
Na *obr. 4* je vidět vliv fungujícího ventilačního systému na rozložení teplot pod nepodsklepeným objektem s tepelnou izolací tl. 50 mm v podlaze. Pod objektem o šířce 5 m jsou umístěny tři podélné drenážní trubky napojené na ventilátor, který v trubkách vytváří podtlak -30 Pa oproti tlaku v exteriéru. Při provozu venti-



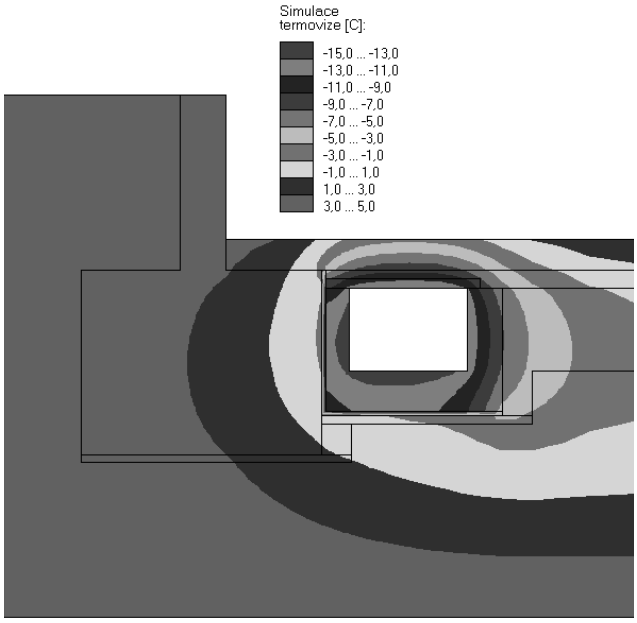
Obr. 2 Teplotní pole pod nepodsklepeným objektem s běžnou tepelnou izolací v podlaze



Obr. 3 Teplotní pole pod nepodsklepeným nízkoenergetickým objektem



Obr. 4 Teplotní pole pod objektem s ventilačním systémem



Obr. 5 Teplotní pole kolem vzduchotechnického kanálu u základu

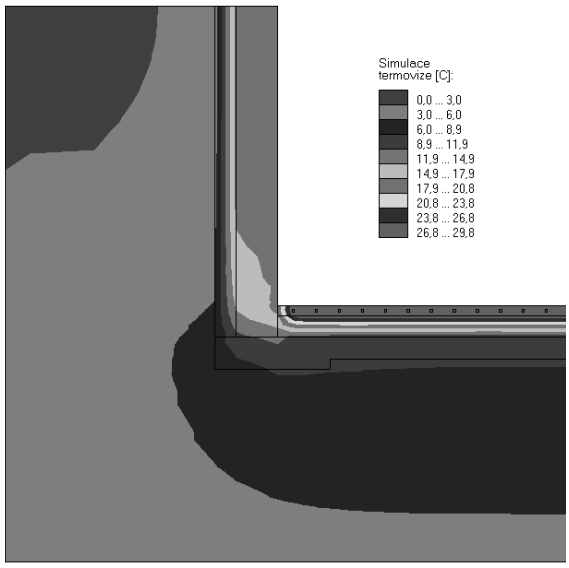
lačního systému se teploty v zemině pod podkladním betonem budou pohybovat v rozmezí 3,8 až 8,3 °C, zatímco bez ventilace by byly poněkud vyšší – od 6,0 do 8,7 °C. Rozdíly mezi stavem s ventilací a bez ní mohou být výrazně ovlivněny i těsností podlahové konstrukce. Pokud má podlaha trhliny, může docházet i k přisávání teplého vzduchu z interiéru do podloží a k jeho následnému mírnému prohřívání. Naopak při trhlinách v základu může docházet k přisávání vnějšího chladného vzduchu do zeminy pod podlahou.

Při projektování se lze někdy setkat i se situací, kdy jsou v zemině pod objektem umístěny kanály či šachty, přivádějící vnější vzduch pro potřeby větrání objektu. Teplotní pole pod budovou může být takovou stavební úpravou značně ovlivněno, a to včetně nepříznivých důsledků z hlediska rizika promrzání zeminy pod základy. Je totiž třeba si uvědomit, že do těchto přiváděcích kanálů proniká přímo chladný vnější vzduch, který se zvláště u krátkých kanálů nestačí od vstupu během své cesty k základům dostatečně prohřát. Na *obr. 5* je pro ilustraci uvedeno teplotní pole, vypočtené pro přiváděcí kanál pod podlahou nevytápěného suterénu luxusního bytového domu. Jedná se již o variantu s tepelnou izolací z extrudovaného polystyrénu kolem vzduchotechnického kanálu. Bez této izolace vycházely teploty pod sousedícím základem příliš nízké.

Zapomenout nelze ani na další speciální případy – a to hlavně na podlahy s podlahovým vytápěním a na podlahy pod chladírnami a mrazírnami. Jakmile je totiž v podlahové konstrukci umístěn zdroj tepla či chladu (zimní stadiony), rozložení teplot v zemině pod podlahou je tím výrazně ovlivněno. Ilustrativní detail na *obr. 6* ukazuje, jak bude vypadat teplotní pole pod podlahou suterénu vytápěného podlahovým vytápěním. Za zmínku stojí především, že podlahové vytápění svým vlivem vždy zvyšuje teplotu zeminy pod podlahou, a to i v případě, kdy se použije poměrně silná vrstva tepelné izolace pod topnou vrstvou. V uvažovaném případě to byl polystyrén o tloušťce 100 mm. Navzdory této izolaci vychází průměrná teplota v zemině pod podkladním betonem 9,2 °C.

Podlahy pod chladírnami a mrazírnami jsou kapitolou zcela specifickou, a to především kvůli osobitým metodám ochrany zeminy pod základem proti promrzání. Dosti podrobně a přehledně se této problematice věnuje ČSN 14 8102 „Tepelné izolace chladíren a mrazíren“. V citované normě lze nalézt i časté odkazy na nutnost výpočtového posouzení návrhu ochrany proti promrzání. Zmíněné výpočtové ověření lze provádět prakticky jenom s pomocí numerické analýzy teplotních polí v zemině v okolí základů s použitím metodik ČSN EN ISO 10211 a ČSN EN ISO 13370. Výsledkem jsou pak obdobné grafické výstupy, jaké jsou použity jako ilustrace v tomto článku. S jejich pomocí lze pak snadno zjistit, zda hrozí zamrzání zeminy pod základy či nikoli.

Závěrem této části uveďme ještě poslední informaci, vztahující se k normám. V nedávné době byl vydán konečný návrh evropské normy prEN ISO 13793 „Thermal design of foundation to avoid frost heave“, která je zaměřena na výpočtové stanovení potřebné hloubky zalo-



Obr. 6 Teplotní pole pod podlahou suterénu s podlahovým vytápěním

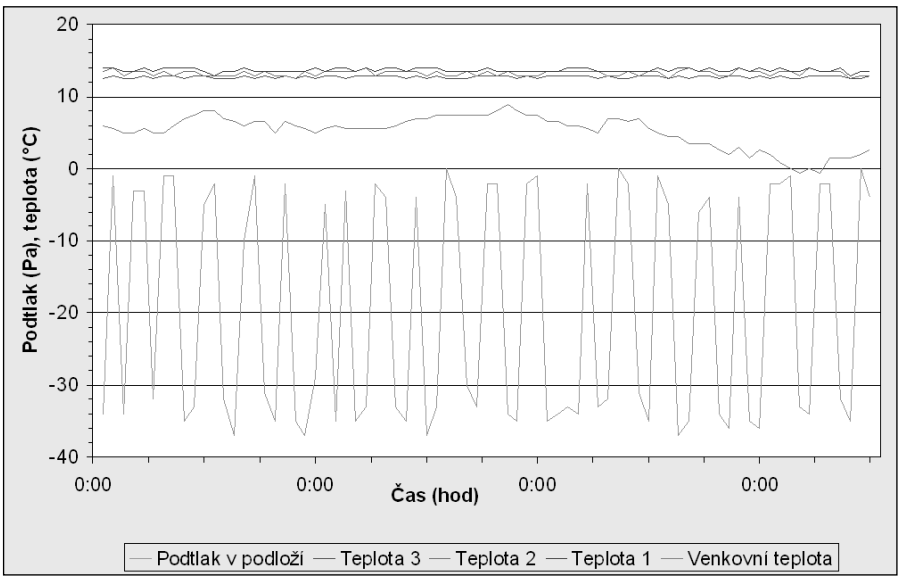
žení právě s ohledem na riziko zamrzání zeminy. Jde sice o normu, která platí pro běžné pozemní stavby, nikoli pro mrazírny, ale přesto nemusí být bez zajímavosti se s ní seznámit – mimo jiné i proto, že se na její tvorbě podíleli především odborníci ze severní Evropy, kteří mají vzhledem ke svému klimatu zkušeností s promrzáním zeminy víc než dost.

Realita zjištěná měřením

Modelování reality kolem nás je samozřejmě zajímavým koníčkem pro všechny fyziky a matematiky, ale jak je tomu ve skutečnosti? Jakou roli hraje například značná tepelná setrvačnost masy zeminy pod objektem? Jak rychle reaguje zemina na změny vnější teploty, a reaguje vůbec nějakým podstatným způsobem? A jak vysoké teploty v zemině pod podlahou lze tedy očekávat? Alespoň částečnou odpověď na tuto otázku přinášejí výsledky dlouhodobého měření teplot pod podlahami vybraných obývaných rodinných domů v rámci ověřování účinnosti protiradonových opatření [1]. V měřených objektech byl pod podlahou proveden ventilační systém s nuceným odtahem vzduchu jako opatření proti přísunu radonu z podloží. V rámci provádění stavebních prací byla pod podlahové konstrukce umístěna teplotní čidla a následně bylo po obnovení provozu v objektech zahájeno kontinuální měření teplot v zemině pod podlahami.

Na *obr. 7* je vidět jeden z dílčích záznamů měření, který byl získán v průběhu tří dnů v jarním období v rodinném domě v Milešově. Podlahová konstrukce tohoto objektu obsahovala tepelnou izolaci z pěnového polystyrénu tl. 50 mm. Na grafu je znázorněn průběh venkovní teploty a teplot v zemině pod podlahou v různých místech objektu. Jako teplota 1 je označena teplota pod podlahou obývacího pokoje u obvodové stěny ,částečně zařízнuté do svahu (podlaha byla cca 50 cm pod terénem). Teplota 2 byla měřena v zemině pod obývacím pokojem u obvodové stěny celé nad terénem. Teplota 3 byla měřena pod podlahou ložnice uprostřed místnosti. V grafu je vidět i podtlak vzduchu v podloží, vytvořený periodicky se opakujícím nuceným větráním s pomocí ventilátoru napojeného na ventilační potrubí.

Z dlouhodobějšího sledování, které není na grafu samozřejmě zachyceno, vyplývá, že při trvalejší venkovní teplotě



Obr. 7 Výsledky měření teploty v zemině pod podlahou v rodinném domě v Milešově

kolem 10 °C se teploty 1 a 2 pohybují v rozmezí 13,5 až 14,5 °C, zatímco při venkovní teplotě kolem 0 °C klesají na rozmezí od 12,5 do 13,5 °C. Teplota 1 je přitom vždy vyšší než teplota 2 o cca 1 °C – pravděpodobně z toho důvodu, že stěna, u které je teplotní čidlo, je částečně zahloubena pod terén. Z vnější strany stěny je tudíž větší tloušťka zeminy, která funguje jako tepelný izolant. Graf dále potvrzuje závislost teploty zeminy pod podlahou na teplotě v interiéru. Nejnižších hodnot dosahuje teplota 3 pod podlahou ložnice, ačkoliv zde bylo čidlo umístěno do středu místnosti. Příčinou je teplota vnitřního vzduchu, která byla v ložnici nižší než v obývacím pokoji.

Z výsledků tohoto a dalších měření tedy vyplývá, že teplota vzduchu pod domem závisí dominantně na teplotě v interiéru a na přítomnosti tepelné izolace v podlaze. Při interiérové teplotě 21 až 22 °C a venkovní teplotě v rozmezí od 0 do 10 °C se teploty v zemině pod podlahou pohybují od 12 do 14 °C – pokud je v podlaze tepelná izolace v dnešní běžné tloušťce 50 mm. U domů bez tepelné izolace v podlaze jsou teploty pod domem vyšší – například pro dlouhodobou venkovní teplotu 0 °C byla naměřena teplota pod podlahou 14 až 15°C.

Z měření je zřejmý i vliv tepelných mostů u základů objektů. Bylo totiž zjištěno, že u obvodových stěn jsou teploty v zemině pod podlahou o cca 1 až 2,5 °C nižší než teploty v zemině pod podlahou ve středu domu. Rozdíl je i mezi jednotlivými obvodovými stěnami – u stěn, ke kterým je z vnější strany přihrnut terén, je teplota o cca 1 °C vyšší než u stěn, které jsou po celé výšce vystaveny vnějšímu vzduchu.

Denní změny vnější teploty se v teplotě zeminy pod podlahou neprojevují. Vliv dlouhodobějšího snížení či zvýšení venkovní teploty lze zaznamenat pouze u teplot v zemině pod podlahou u obvodové stěny – a to nejdříve po dvou dnech od začátku klimatických změn. Teploty pod podlahou ve středu místnosti na změny venkovní teploty nereagují prakticky vůbec.

Z měření vyplynulo i to, že ventilační systém pod podlahou, který pracuje cyklicky, teploty v zemině příliš nezmění. Četnost spínání nuceného odtahu vzduchu přitom nerozhoduje. Při nepřetržitém chodu ventilátoru dojde nicméně zhruba během jednoho dne k poklesu teplot u obvodových stěn o 1 až 2 °C oproti stavu bez ventilace podloží. Ve středu domu činí tento pokles vlivem ventilace maximálně 0,5 °C. Uvedené hodnoty platí pro objekty, které mají v podlaze tepelnou izolaci o tloušťce 50 mm. U domů bez tepelné izolace je možné očekávat pokles teplot při nepřetržitém chodu ventilátoru o maximálně 3 až 4 °C. Toto vše platí pro objekty na propustném podloží. U domů stavěných na středně až nízko propustných zeminách je ovlivnění teplot pod domem ventilací daleko menší.

Realita a její model

Z dlouhodobého měření tedy vycházejí pod podlahou objektů, které mají v podlaze tepelnou izolaci tloušťky 50 mm, teploty

v rozmezí od 12 do 14 °C při venkovní teplotě 0 až 10 °C a vnitřní teplotě 21 až 22 °C.

Zkusme porovnat tyto experimentální výsledky s numerickým hodnocením. Na *obr. 8* je vidět rozložení teplot pod podlahou příčného řezu rodinným domem v Milešově. Pro výpočet byla uvažována teplota v zemině v hloubce 3 m pod terénem 5 °C, teplota venkovního vzduchu 5 °C a teplota vnitřního vzduchu 22 °C. Z výpočtu vycházejí teploty v zemině pod podlahou v rozmezí od 13,3 do 13,5 °C – velmi dobře tedy odpovídají naměřeným hodnotám.

Pro zajímavost ještě uveďme, jak by vypadalo vypočtené teplotní pole pod objektem, pokud by byl do výpočtu zaveden předpoklad nuceného podtlaku -25 Pa ve ventilačním systému pod podlahou. Na *obr. 9* je vidět teplotní pole, deformované vlivem proudění vzduchu v podloží. Teploty pod podlahou se v tomto případě pohybují od 10,1 do 11,8 °C. Vycházejí tedy poněkud nižší, než experimentálně zjištěná data. Příčinou v tomto případě mohou být zaokrouhlovací chyby v numerickém modelu, který je přece jen pro kombinované šíření tepla vedením a prouděním složitější, než pro jednoduchý případ ustáleného vedení tepla.

Ze srovnání výpočtů a experimentů nicméně vyplývá, že model ČSN EN ISO 10211-1, který předpokládá v hloubce 3 m pod terénem teplotu rovnou průměrné roční teplotě venkovního vzduchu, dobře odpovídá realitě. Jeho použití lze považovat v současné době za dostatečně přesné.

Důsledky pro výpočet tepelných ztrát

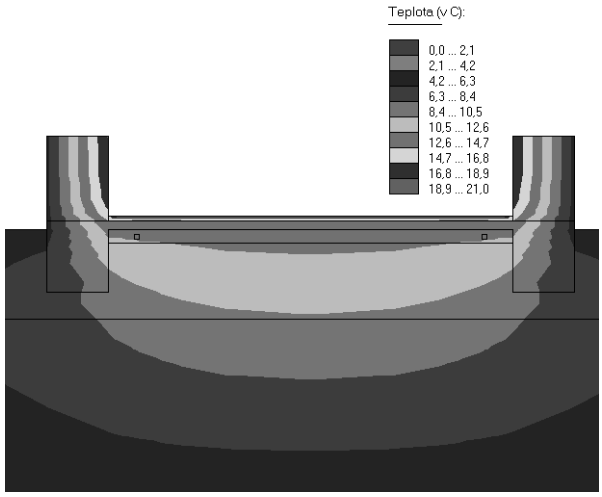
Rozložení teplot pod podlahou ovlivňuje samozřejmě tepelnou ztrátu prostupem touto konstrukcí. Podívejme se na modelovém příkladu, jak značně se může lišit vypočtená tepelná ztráta podlahou na zemině při použití různých výpočetních metod.

První srovnávanou metodou bude klasický postup podle ČSN 06 0210, kdy se tepelná ztráta stanoví jako součin plochy konstrukce, jejího součinitele prostupu tepla a rozdílu teplot působících na obě strany konstrukce. Jde o velmi sympatický a jednoduchý postup, zvláště když při stanovení součinitele prostupu tepla nebudeme pro zjednodušení uvažovat vliv přilehlé zeminy. Slabinou této metody je ovšem odhad teploty v zemině. Běžně uvažovaná teplota 5 °C nemusí totiž ani zdaleka pokrývat všechny reálné případy, jak je ostatně dobře vidět z předchozího textu. To jistě vůbec nemusí vadit, pokud chceme stanovit jen bezpečný odhad tepelné ztráty. Pokud však hledáme co nejpřesnější výsledek, může být odhadnutá teplota v zemině nemalou překážkou v jeho dosažení.

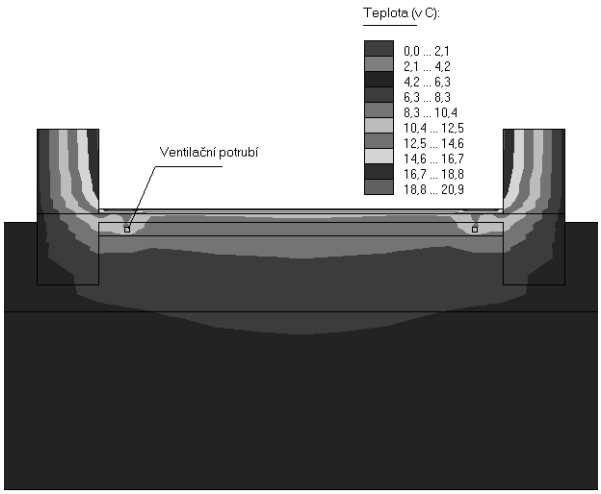
Druhou srovnávanou metodou bude relativně nová metoda výpočtu podle ČSN EN ISO 13370. Výpočtový model podle této evropské normy je podstatně složitější. Počítá se totiž rovnou teplo, které uniká z vnitřního vzduchu do vnějšího vzduchu přes zeminu. Tímto způsobem odhad teploty v zemině zcela vypadává. °Cenou za zpřesnění výsledků jsou ovšem složitější vztahy, které mohou řadu projektantů snadno odradit – zvláště, pokud byli zvyklí na postup ČSN 06 0210.

Třetí srovnávanou metodou je přesný výpočet, založený na modelování ustáleného teplotního pole v dvou či třírozměrném výseku zeminy pod podlahou podle ČSN EN ISO 10211-1. Tento výpočet je sice nejpřesnějším zde uvedeným modelem reality, ale na druhou stranu není příliš pravděpodobné, že by se kdy používal ve větším měřítku. Přece jen vyžaduje podstatně více času, a toho při projektování není obvykle nikdy dostatek. Pro fanoušky přesných analýz ještě uveďme, že existují i exaktnější postupy založené na nestacionárním šíření tepla v zemině v průběhu celého roku (např. v ČSN EN ISO 13370) – to už se však jedná o výpočty v poněkud jiné kategorii nároků na znalosti, čas a odhodlání.

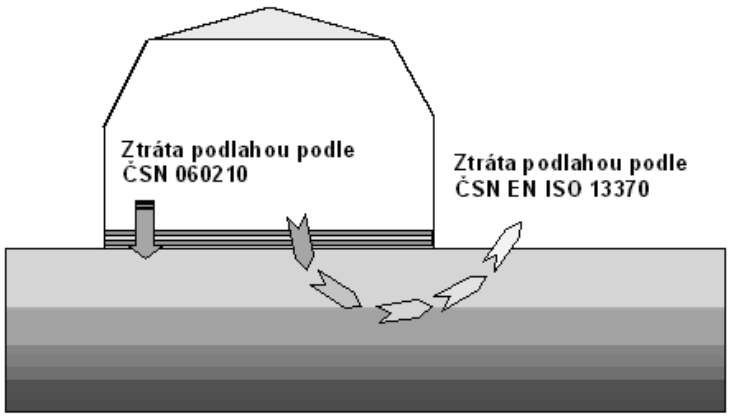
Srovnání tří uvažovaných metod ukazu-



Obr. 8 Teplotní pole pod příčným řezem RD v Milešově



Obr. 9 Teplotní pole pod RD v Milešově při podtlaku v podloží -25 Pa



Obr. 10 °Cesta tepla z interiéru přes podlahu podle ČSN 06 0210 a ČSN EN ISO 13370

je *tab. 1.* Z výsledků je zřejmé, že vliv tvaru podlahové konstrukce se v hodnotách stanovených podle ČSN 06 0210 nijak neprojeví – na rozdíl od metodik evropských norem, které lépe zahrnují nepříznivý vliv tepelných mostů při okraji podlahy. Tento vliv je také příčinou rozptylu hodnot tepelných ztrát, stanovených výpočtem 3D teplotního pole. Spodní hranice platí pro základ tepelně izolovaný svislou deskou z extrudovaného polystyrénu tl. 50 mm, zatímco horní hranice platí pro základ bez jakékoli přídavné tepelné izolace. Nepříznivý efekt tepelných mostů na okrajích podlahy je z uvedených hodnot zcela zřetelný.

Zajímavé je také, že tepelná ztráta tepelně neizolovanou podlahou vychází podle ČSN 06 0210 více než dvakrát vyšší než podle ČSN EN ISO 13370 či podle výsledků 3D výpočtu. Jakmile však bude v podlaze výraznější tepelná izolace, přestávají být tepelné ztráty podle ČSN 06 0210 na straně bezpečnosti výpočtu. Pro nízkoenergetický objekt jsou již prakticky dvakrát nižší než při použití přesného 3D numerického výpočtu.

Tato skutečnost je dosti důležitá. Model ČSN 06 0210 byl vytvořen v dobách, kdy tepelný odpor podlah na terénu jen velmi zřídka přesáhl 0,5 m2.K.W-1. Pro takové podlahy dává metodika ČSN 06 0210 spolehlivě výsledky tepelných ztrát na straně bezpečnosti (tedy vyšší, než jsou skutečné ztráty). Z kontrolních výpočtů a experimentálních měření je ovšem zřejmé, že pro modernější domy již výsledky postupu ČSN 06 0210 na straně bezpečnosti být nemusejí. U všech objektů s nižší spotřebou energie lze tedy doporučit pro výpočet tepelné ztráty zeminou použití výpočtových postupů ČSN EN ISO 13370.

Tento článek byl podpořen výzkumným záměrem č. 5 MSM 210000005.

Tab. 1 Srovnání tepelných ztrát podlahou, vypočtených různými metodikami

Rozměry podlahy	Tepelný odpor podlahy	Tepelná ztráta prostupem podle:		
		ČSN 06 0210	ČSN EN ISO 13370	3D teplotního pole
10 x 10 m	0,1 $m^2.K.W^{-1}$	5 560 W	2 140 W	1 500 – 2 020 W
	1,0 $m^2.K.W^{-1}$	1 280 W	1 300 W	1 120 – 1 570 W
	3,0 $m^2.K.W^{-1}$	470 W	700 W	760 – 1 230 W
20 x 5 m	0,1 $m^2.K.W^{-1}$	5 560 W	2 440 W	1 910 – 2 640 W
	1,0 $m^2.K.W^{-1}$	1 280 W	1 410 W	1 410 – 2 010 W
	3,0 $m^2.K.W^{-1}$	470 W	730 W	960 – 1 560 W

Literatura

[1] SCHREYER, J. – JIRÁNEK, M.: Zpráva pro 5. kontrolní den projektu „Vývoj nových stavebních protiradonových opatření a jejich hodnocení – aplikovatelnost lokálního odvětrání podloží pod stávajícími stavbami“, zadavatel SÚJB a MPO ČR

[2] SVOBODA, Z.: Programy Area 2002 a Wind2D 2001, Kladno 2000-2002

[3] Citované české a evropské technické normy.

[4] JIRÁNEK, M.: Větrací systémy podloží – efektivní ochrana proti radonu. Materiály pro stavbu 5/2001, str.34-36

Informace ČKAIT